



SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG KHÍ SINH HỌC (BIOGAS) ĐỂ ẤP TRỨNG GIA CẦM

Phạm Thị Minh Huệ^{1*}

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả thiết kế, chế tạo máy ấp trứng gia cầm ATB- 8000 với công suất 8000 quả/mẻ. Sử dụng năng lượng biogas (khí sinh học) đảm bảo giảm chi phí năng lượng điện và giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tự động hoá việc cấp nhiệt, điều khiển nhiệt độ, đảo trứng và điều khiển đảo trứng. Kết quả thí nghiệm đã xác định được nhiệt độ thích hợp cho quá trình ấp là $37,3^{\circ}\text{C} \pm 38^{\circ}\text{C}$, vận tốc gió $1,5 \pm 2,5$ m/s, khoảng cách giữa các khay đựng trứng từ 4 ± 7 cm ta có tỷ lệ nở đạt $80\% \div 90\%$ với thời gian ấp 27 ± 28 ngày. Máy làm việc ổn định, có cấu tạo đơn giản tiện lợi trong sử dụng với nguồn năng lượng tái tạo có khả năng ứng dụng rộng rãi cho các cơ sở sản xuất giống gia cầm.

Từ khóa: ATB 8000; năng lượng tái tạo; nhiệt độ; vận tốc; tỷ lệ nở; ổn định.

Using biogas energy for egg incubating

Abstract: This paper presents the results of the design and manufacture of the ATB-8000 poultry egg incubator with a capacity of 8000 eggs/batch. Using biogas energy can reduce electricity costs, minimize environmental pollution, automate heat supply process, control the temperature, and control eggs rotation. The experimental results showed that the suitable temperature for the incubating process is $37,3^{\circ}\text{C} \pm 38^{\circ}\text{C}$, the wind speed is $1,5 \pm 2,5$ m/s, the distance between the trays is 4 ± 7 cm, the hatch rate is $80\% \div 90\%$ with incubation time of 27 ± 28 days. The machine is stable, simple to use, and convenient with renewable energy and can be widely applied to poultry breeding farms.

Keywords: Recycled energy; temperature; wind speed; hatching rate; stability.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 12/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 12, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, ngành chăn nuôi gia cầm ở nước ta phát triển rất nhanh đặc biệt là vùng châu thổ sông Hồng và miền Đông Nam Bộ. Để chủ động trong việc sản xuất con giống với số lượng lớn và chất lượng cao, hầu hết các hộ chăn nuôi muốn trang bị các máy ấp trứng cơ khí hóa và tự động hóa. Do máy nhập ngoại từ Mỹ, Canada, Pháp,... giá thành rất cao, nguồn vốn hạn chế nên hầu hết các cơ sở sản xuất giống gia cầm vẫn sử dụng các máy ấp thủ công với chất lượng con giống không đảm bảo, tỷ lệ nở thấp [1,3]. Hiện nay, trong và ngoài nước đã có một số nhà khoa học đã nghiên cứu ứng dụng năng lượng điện, năng lượng mặt trời để ấp trứng nhưng chỉ dừng ở dạng mô hình thí nghiệm, nhỏ lẻ, chưa triển khai ứng dụng rộng rãi trong thực tế do nguồn năng lượng mặt trời không ổn định, năng lượng điện làm chi phí trên con giống tăng [3,4]. Trong khi đó nguồn năng lượng biogas được sản sinh trong các hầm xử lý chất thải nhằm giảm ô nhiễm môi trường tại các trang trại chăn nuôi gia cầm có trữ lượng lớn khi sử dụng không hết được đốt cháy tự do gây lãng phí năng lượng tái tạo. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng khí sinh học để ấp trứng gia cầm nhằm xác định một số thông cơ bản của quá trình ấp và xây dựng cơ sở khoa học thiết kế máy ấp trứng sử dụng năng lượng khí sinh học với hệ thống tự động điều khiển các thông số nhiệt, ẩm là giải pháp tích cực góp phần tiết kiệm năng lượng tái tạo, năng lượng điện và giảm thiểu ô nhiễm môi trường mang lại hiệu quả kinh tế cho các cơ sở sản xuất giống gia cầm.



2. Trang thiết bị thí nghiệm, phương pháp nghiên cứu

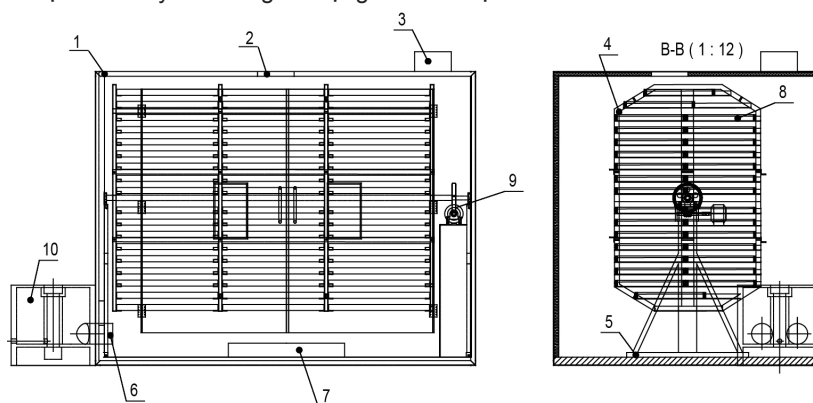
2.1 Thiết bị thực nghiệm máy ấp trứng ATB - 8.000

Máy ấp trứng gia cầm ATB - 8.000 có dung lượng 8000 trứng vịt tiêu chuẩn đặt tại trang trại VACB của ông Ngô Xuân Chiến tại Kim Động - Hưng Yên. Máy có thể dùng để ấp trứng vịt, gà, ngan, ngỗng tự

¹TS, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

*Tác giả chính. E-mail: huespkt@gmail.com.

động điều khiển nhiệt độ, độ ẩm, thông gió và đảo trứng. Máy gồm một hệ thống giàn chia làm ba khoang, mỗi khoang có 18 tầng đựng khay trứng, toàn bộ khung chính làm bằng sắt chữ V kí hiệu L40*40*4 với sơ đồ nguyên lý cấu tạo của máy ấp trứng sử dụng khí sinh học như trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo máy ấp trứng gia cầm sử dụng năng lượng khí sinh học (biogas)

1. Buồng áp; 2. Lỗ thông hơi; 3. Bảng điều khiển; 4. Giàn đựng khay trứng; 5. Khung đỡ giàn đựng khay trứng; 6. Thiết bị trao đổi nhiệt; 7. Hệ thống tạo ẩm; 8. Các khay trứng; 9. Cụm truyền động bánh vít-trục vít; 10. Bộ phận đốt khí biogas.

a) **Cấu tạo:** Đây là loại thiết bị ấp sử dụng năng lượng khí sinh học (biogas) được sinh ra trong hệ thống xử lý chất thải chăn nuôi với 3 phần chính: buồng áp, bộ phận đốt khí gas và điều khiển nhiệt độ: Buồng áp 1 có dạng hình hộp chữ nhật, vỏ có mặt ngoài làm bằng thép, mặt trong lót tôn mỏng, ở giữa đặt bông thủy tinh cách nhiệt. Giàn đặt khay trứng áp 5 được kết cấu theo kiểu giàn trống tựa trên 2 gó đỡ ở bì. Khay trứng 8 có dạng hình chữ nhật làm bằng gỗ, bên trong căng các sợi dây thép chia thành ô nhỏ để đỡ trứng. Bộ phận đốt khí gas 10 gồm mô đốt kiểu lồng xoắn có nhiệm vụ chuyển đổi khí sinh học thành năng lượng nhiệt đưa vào buồng lửa đặt ở dưới buồng áp với thiết bị trao đổi nhiệt gồm có tấm gia nhiệt bức xạ được làm bằng thép tấm ngăn cách buồng áp và buồng đốt. Nhiệt độ trong buồng áp được điều khiển tự động, chính xác nhờ bộ điều khiển nhiệt kết nối với cảm biến nhiệt kế tiếp điểm. Có hệ thống báo động khi nhiệt độ cao bằng chuông điện và đèn nháy. Không khí trong buồng áp được thông thoáng nhờ quạt lắp ở vách sau buồng áp. Bộ phận đảo trứng gồm có: động cơ, bộ truyền động trục vít-bánh vít 9 liên kết với hệ thống giàn khay trứng 4, 5.

b) **Nguyên lý hoạt động:** Nguồn nhiệt lượng cung cấp cho máy là năng lượng khí sinh học được chuyển đổi thành năng lượng nhiệt làm nóng không khí bên trong buồng đốt, bộ phận gia nhiệt bổ sung được đặt trong buồng đốt và hệ thống quạt hút khí nóng thổi vào ống phân phối trong buồng nhiệt, sau đó không khí phân phối đều trong buồng áp làm nhiệt độ buồng áp tăng lên. Điều chỉnh tốc độ của quạt hút không khí nóng lắp ở cửa thoát gió để duy trì nhiệt độ trong buồng áp giữ cho nhiệt độ lưu thông khí nóng trong buồng áp luôn ổn định. Bộ phận điều khiển đảo trứng cứ 1 giờ động cơ đảo trứng tự động làm việc để quay đảo giàn khay trứng nghiêng một góc 45° so với mặt phẳng ngang và động cơ tự ngắt khi các giàn khay trứng đã đạt được góc nghiêng cần thiết.

2.2 Thiết bị xác định một số thông số của quá trình ấp và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

a) **Thiết bị đo nhiệt độ, độ ẩm trong quá trình ấp:** Để đo nhiệt độ, độ ẩm ở các vị trí khác nhau trong buồng áp tác giả dùng máy đo độ ẩm HTM-1004 với dải đo nhiệt độ từ - 20°C÷120°C độ chính xác ±0,1°C, độ ẩm từ 0%÷100% độ chính xác ±0,1%. Cảm biến nhiệt ẩm được đặt vào vùng chứa trứng.

b) **Thiết bị đo tốc độ gió:** Để xác định tốc độ gió lưu chuyển trong buồng áp tác giả sử dụng thiết bị đo tốc độ gió mã hiệu TA-407112 của hãng Extech-Mỹ.

c) **Phương pháp xác định độ nở đều:** Theo nghiên cứu của tác giả Trần Như Khuyến [5], tỷ lệ nở K được tính theo công thức:

$$K = \frac{Q_n}{Q_c} \cdot 100(\%) \quad (1)$$

trong đó: Q_n là số lượng trứng nở được sau mỗi đợt ấp; Q_c là số lượng trứng có phôi đưa vào ấp.

d) **Phương pháp đo lưu lượng và áp suất khí gas:** Chất lượng nguồn năng lượng khí sinh học có ảnh hưởng rất lớn đến độ nở đều trong quá trình ấp. Để xác định thành phần khí biogas, tác giả đã đo lưu lượng khí gas bằng thiết bị đo không điện ứng dụng PLC dùng đo áp suất và lưu lượng hiện số mã 7MF

1564-3BG00 với phạm vi đo từ 0 đến 6 bar, áp kế pittong MII-6, cấp chính xác 0,05. Lưu lượng thể tích và áp suất của khí gas đã được kết nối với máy tính điện tử. Quá trình đo đạc được thực hiện và hiển thị từng giây như trên Hình 2.



Hình 2. Thí nghiệm đo lưu lượng và áp suất khí biogas

2.3 Phương pháp nghiên cứu

Tiến hành nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố để nghiên cứu ảnh hưởng riêng của một số yếu tố chính như: nhiệt độ dòng khí áp T ($^{\circ}\text{C}$), tốc độ gió trong buồng áp v (m/s), khoảng cách các khay đựng trứng L (mm) đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của thiết bị áp (thông số đầu ra) như: độ nở đều K (%), thời gian ấp t (ngày) và chi phí năng lượng riêng G ($\text{m}^3\text{gas}/\text{lượt}$ ấp). Từ phương pháp nghiên cứu thực nghiệm ta xác định được ảnh hưởng của các thông số đến chất lượng sản phẩm, qua đó tìm được miền tối ưu để làm cơ sở thiết kế, tính toán và lựa chọn kết cấu máy cũng như chế độ làm việc của hệ thống. Với nguyên tắc cố định các yếu tố khác, chỉ thay đổi một yếu tố xác định, theo dõi ảnh hưởng của yếu tố đó với thông số ra [6].



3. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố

3.1 Quy trình ấp đơn kỳ

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng quy trình ấp theo chế độ đơn kỳ (single stage): toàn bộ trứng đưa vào, lấy ra cùng một thời điểm [1,2]. Chế độ ấp trứng vịt siêu được xác lập với yêu cầu công nghệ theo từng giai đoạn và theo mùa như sau: Nhiệt độ ấp từ $37\pm 38^{\circ}\text{C}$, độ ẩm tương đối từ 53÷72%. Tốc độ dòng khí nóng đưa vào buồng ấp được duy trì từ 1÷3m/s. Để đảm bảo quá trình phát triển phôi hệ thống điều khiển phải ổn định và thỏa mãn các điều kiện: nhiệt độ chênh lệch không quá $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, độ ẩm không quá $\pm 0,2\%$ so với giá trị đặt. Thời gian gia nhiệt cho trứng khi mới vào máy từ 1÷2h. Hệ thống điều khiển nhiệt sử dụng các rơ le cảm biến nhiệt, đảm bảo điều khiển nhiệt độ ấp chính xác và được gắn với hệ thống chuông báo động khi quá nhiệt. Bộ phận làm mát và tạo ẩm áp dụng phương pháp bốc hơi tự nhiên bằng cách trong máy ấp đặt các khay nước ở dưới đáy tủ ấp và điều chỉnh bằng cách thay đổi diện tích các lỗ tắm chắn trên khay nước. Bộ phận thông thoáng sử dụng quạt điện kết hợp với các lỗ thoáng khí trong máy ấp giúp nhiệt và hơi ẩm hòa đều trong máy ấp. Thực hiện tự động đảo trứng mỗi giờ một lần. Trứng xếp theo hàng trong khay, đầu to phía trên, đầu nhỏ phía dưới, đặt trong 3 khoang, mỗi khoang có 18 khay. Tương ứng với lượng trứng đưa vào là 8000 quả. Khí áp đến ngày thứ 27-29 thì chuyển toàn bộ số trứng trên sang buồng nở, sau đó đưa vào 54 khay trứng mới vào thay thế.

3.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ ấp

Tác giả đã tiến hành nghiên cứu sự phụ thuộc của các thông số đầu ra như tỷ lệ nở, thời gian ấp và chi phí nhiên liệu riêng vào nhiệt độ ấp với điều kiện thí nghiệm: Khoảng cách các khay đựng trứng $L=50$ mm, tốc độ dòng khí áp là $v=2$ m/s. Nhiệt độ dòng khí chuyển động trên bề mặt vỏ trứng biến thiên từ $36,5\pm 39^{\circ}\text{C}$. Kết quả thí nghiệm ghi trong Bảng 1 và đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ ấp tới các thông số độ nở đều, thời gian ấp chi phí năng lượng riêng như Hình 3.

Bảng 1. Kết quả xác định ảnh hưởng của nhiệt độ tới các thông số đầu ra

Nhiệt độ ấp ($^{\circ}\text{C}$)	Tỷ lệ nở K (%)	Thời gian ấp t (ngày)	Chi phí nhiên liệu riêng G , ($\text{m}^3\text{ gas}/\text{lượt}$ ấp)
36,5	60	30,5	18
37	78	29,8	17,5
37,5	90	29	17
38	85	28,5	16,8
38,5	72	28	16,5
39	60	27	15,9

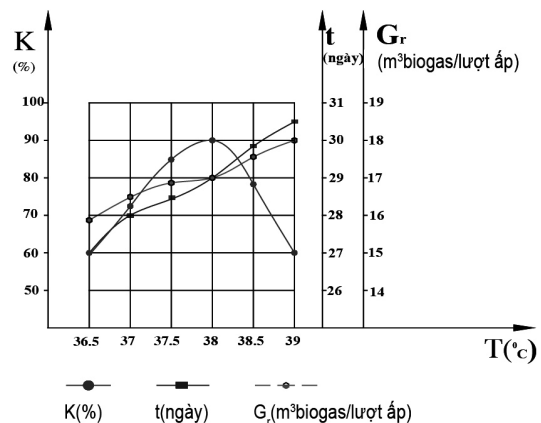
Từ Bảng 1 và Hình 3 ta thấy khi nhiệt độ ấp dưới 37°C quá trình phát triển phôi chậm nên thời gian ấp kéo dài làm cho chi phí năng lượng biogas tăng lên và tỷ lệ nở đạt ở mức trung bình. Khi nhiệt độ ấp trên 38°C do trong quá trình trao đổi chất, phôi có hiện tượng phát sinh năng lượng đặc biệt sau ngày ấp thứ 16, nhiệt độ trứng tăng cao trên $38,5^{\circ}\text{C}$ phôi hồng làm cho tỷ lệ nở giảm, chi phí năng lượng riêng tăng $18\div 19\text{ m}^3\text{ gas/lượt ấp}$. Nhiệt độ vô trùng không chỉ phụ thuộc vào tốc độ dòng khí chuyển động trên bề mặt vô trùng mà còn phụ thuộc vào sự truyền nhiệt giữa trứng và môi trường và nhiệt lượng sinh học do phôi sinh ra theo thời gian. Trong thí nghiệm cho thấy, từ ngày thứ 2 đến ngày thứ 6 nhiệt độ do phôi sinh ra ở mức thấp, nhiệt độ trung bình của trứng là $37,56^{\circ}\text{C}$. Ngày 16÷17 của quá trình ấp, nhiệt lượng sinh học của trứng ở mức trung bình là $38,25^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ trong khoảng $37,4\div 38,5^{\circ}\text{C}$ thì tỷ lệ nở cao, chất lượng con giống khỏe mạnh khoảng $78\div 90\%$, thời gian ấp và chi phí năng lượng riêng tiêu thụ là hợp lý nhất. Nghiên cứu trên cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của French, Brecht và đồng nghiệp [7,8].

3.3. Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí áp

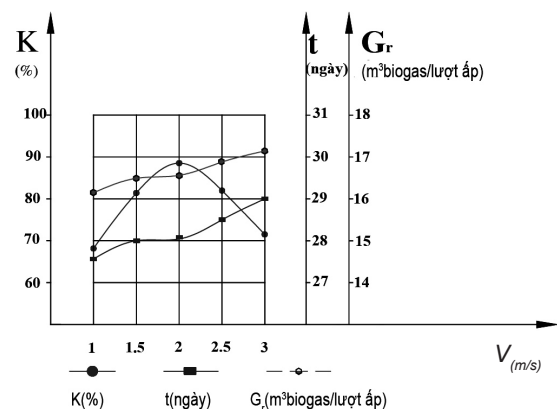
Cổ định khoảng cách các khay đựng trứng $L=50\text{ mm}$, nhiệt độ dòng khí ấp $37,6^{\circ}\text{C}$, tốc độ dòng khí ấp biến thiên trong khoảng $v=1\div 3\text{ m/s}$. Kết quả thí nghiệm như trong Bảng 2 và Hình 4.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí áp tới các thông số ra

Tốc độ gió V (m/s)	Tỷ lệ nở K (%)	Thời gian ấp t (ngày)	Chi phí nhiên liệu riêng G_r ($\text{m}^3\text{ gas/lượt ấp}$)
1	72	27,6	16,2
1,5	83	28	16,5
2	88	28,1	16,57
2,5	81	28,5	16,8
3	68	29	17,1



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ ấp đến tỷ lệ nở, thời gian ấp và chi phí nhiên liệu riêng



Hình 4. Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí áp đến tỷ lệ nở, thời gian ấp và chi phí nhiên liệu riêng

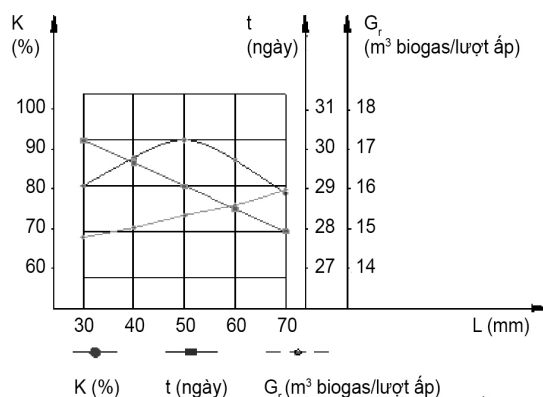
Từ kết quả thí nghiệm trong Bảng 3 và Hình 4 cho thấy, khi tốc độ dòng khí đưa vào ($1\div 1,5\text{ m/s}$), khả năng thông thoáng khí kém và nhiệt trong buồng ấp không đồng đều, nên tỷ lệ nở thấp 72%. Khi tốc độ dòng khí ấp từ ($2,5\div 3\text{ m/s}$), điều kiện thông thoáng tốt, nhưng khí nóng đưa vào thoát ra khỏi buồng ấp rất nhanh nên phân bố nhiệt không đều, gây ra tổn thất nhiệt dẫn đến sự chênh lệch nhiệt độ giữa dòng khí nóng và trứng lớn đặc biệt những ngày đầu tốc độ thoát ẩm trong trứng quá nhanh ảnh hưởng không tốt đến sự phát triển của phôi thai nên thời gian ấp kéo dài tới 29 ngày, chi phí khí biogas cao nhất đến $17,1\text{ m}^3\text{ gas/lượt ấp}$. Khi vận tốc dòng khí nóng (2 m/s) thì tỷ lệ nở cao nhất đạt 88%, với thời gian ấp là 28 ngày, chi phí nhiên liệu khí biogas giảm xuống $16,57\text{ m}^3\text{ gas/lượt ấp}$ do khả năng thông thoáng khí trong buồng ấp tốt và nhiệt độ của trứng trong buồng ấp tương đối đồng đều nên tỷ lệ nở cao hơn. Trong nghiên cứu cho thấy với khoảng cách các khay đựng trứng $L=50\text{ mm}$, nhiệt độ dòng khí chuyển động trên bề mặt vô trùng $37,6^{\circ}\text{C}$, tốc độ dòng khí ấp phù hợp với năng suất thiết kế của máy ATB 8000 là $v=1,5\div 2,5\text{ m/s}$ cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Peebles và các cộng sự [9].

3.4 Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các khay đựng trứng

Điều kiện thí nghiệm: nhiệt độ dòng khí ấp $37,6^{\circ}\text{C}$, tốc độ dòng khí ấp là $v=2\text{ m/s}$, khoảng cách các khay đựng trứng (L) từ $30\div 70\text{ mm}$. Kết quả thí nghiệm trong Bảng 3 và đồ thị Hình 5:

Bảng 3. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các khay đựng trứng tới các thông số ra

Khoảng cách khay trứng L (mm)	Tỷ lệ nở K (%)	Thời gian ấp t (ngày)	Chi phí nhiên liệu riêng Gr (m ³ gas/lượt ấp)
30	78	30	17,15
40	80	29,5	16,29
50	85	29	15,45
60	86	28	14,5
70	90	27	13,8



Hình 5. Ảnh hưởng khoảng cách giữa các khay đựng trứng đến các thông số đầu ra

Từ kết quả thí nghiệm trong Bảng 3 và đồ thị Hình 5 cho thấy, khi tăng khoảng cách các khay đựng trứng thì tỷ lệ nở tăng do khả năng thông thoáng khí trong buồng ấp tốt, các thông số công nghệ ấp là tốt nhất nhưng khi khoảng cách giữa các khay đựng trứng quá lớn làm giảm số lượng trứng đưa vào buồng ấp, hiệu suất sử dụng thiết bị giảm. Nếu khoảng cách giữa các khay đựng trứng hẹp $L < 40\text{mm}$, làm cho mật độ trứng trong buồng ấp tăng lên với tốc độ dòng khí và nhiệt độ đưa vào buồng ấp không đổi nên khả năng nhận nhiệt từ không khí vào môi trường ấp trong 9 ngày đầu không đều, khả năng tỏa nhiệt từ trứng ra ngoài môi trường ấp trong những ngày sau có sự chênh lệch nhiệt độ lên tới 30°C đặc biệt ở vùng tâm máy. Ứng với khoảng cách các khay đựng trứng (L) từ $40\div 70\text{ mm}$ thì tỷ lệ nở và thời gian ấp cũng như chi phí nhiên liệu biogas là tương đối tốt.



4. Kết luận

Đã tính toán thiết kế hệ thống ấp trứng gia cầm ATB - 8.000 có năng suất 8.000 quả /lượt ấp sử dụng năng lượng khí sinh học. Đây là hệ thống ấp trứng hộ gia đình, có cấu tạo đơn giản, thuận tiện cho việc vận hành và sửa chữa. Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định được các thông số công nghệ thích hợp là nhiệt độ dòng khí (T) từ $37,3\div 38^{\circ}\text{C}$, tốc độ dòng khí áp (v) trong khoảng $1,5\div 2,5\text{ m/s}$, khoảng cách các khay đựng trứng (L) từ $40\div 70\text{ mm}$ để đảm bảo chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật: tỷ lệ nở $80\%\div 90\%$ với thời gian ấp $27\div 28$ ngày chi phí năng lượng khí biogas từ $16\div 18\text{ m}^3\text{ gas/lượt ấp}$ phù hợp với nguồn năng lượng khí sinh học thu được tại trang trại chăn nuôi với hầm khí biogas có dung tích từ 20m^3 trở lên. Sử dụng nhiên liệu sinh học biogas vừa tận dụng được nhiên liệu tái tạo, giảm chi phí cho quá trình ấp vừa tiết kiệm năng lượng hóa thạch ngày càng cạn kiệt, góp phần giảm ô nhiễm môi trường. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống làm việc ổn định, các chỉ tiêu chất lượng đảm bảo thỏa mãn yêu cầu quá trình ấp nở. Đây là thiết bị ấp trứng phù hợp với khả năng đầu tư thiết bị của các cơ sở chăn nuôi gia cầm gắn liền với nguồn năng lượng khí biogas ở các trang trại chăn nuôi gia cầm trong cả nước.

Tài liệu tham khảo

- Berry J.G. (2005), "Artificial incubation", Oklahoma, State University, (2):2-6.
- Nguyễn Văn Đường (2005), "Mô hình hóa và mô phỏng quá trình trao đổi nhiệt ẩm trong máy ấp trứng gia cầm", *Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật Nông nghiệp*, Trường Đại học Nông nghiệp I Hà Nội, 3(3)217-225.
- Trần Như Khuyến, cs (2015), *Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy ấp trứng gia cầm sử dụng phối hợp năng lượng mặt trời và năng lượng khí sinh học biogas*, Đề tài cấp bộ, Bộ Nông nghiệp Phát triển nông thôn.
- Nguyễn Thị Minh Thuận (2003), *Kết quả nghiên cứu thiết kế máy ấp trứng gia cầm*, Tuyển tập Kết quả nghiên cứu khoa học 1992-1993, NXB Nông nghiệp.
- Trần Như Khuyến (2005), "Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy ấp trứng AT- 45000", *Tạp chí khoa học công nghệ của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (19):30-40.
- Nguyễn Doãn Ý (2003), *Quy hoạch thực nghiệm*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- French N.A. (1997), "Modelling incubation temperature: The effects of incubator design, embryonic development, and egg size", *Poultry science*, 124-133.
- Brecht A.V., Janssens A.K., Chedad A., Berkmen D. (2004), "Relationship between eggshell temperature and incubator temperature", *Avian and poultry biology reviews*, 198-200.
- Peebles E.D., McDaniel C.D. (2004), *A practical manual for understanding the shell structure of broiler hatching eggs and measurements of their quality*, Bulletin 1139, Mississippi state university.